

YASHIRIN MARKOV MODELI YORDAMIDAO‘ZBEK TILI NUTQIY SO‘ZLARINI TANISH

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6554753>

*Qoraqalpog‘iston Respublikasi xalq ta’limi vazirligi
Ellikqal’a tumani xalq ta’limi bo‘limiga qarashli
1-umumiy o‘rta ta’lim maktabi
Informatika va axborot texnologiyalari fani o‘qituvchisi
Allaberganov Atadjan Ismailovich.*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Markov modelining qo‘llanilishi natijasida o‘zbek tili so‘zlarini aniqlash model strukturasi ishlab chiqilgan. Nutqiy signallarni qayta ishlash bosqichlari keltirilgan. Nutqiy so‘zlarni parametrlarga ajratish va ularni guruhlash masalalari yechilgan. So‘zlarni aniqlash uchun Markov modelning ishlash prinsipi keng yoritilgan. O‘zbek tili nutqiy so‘zlarni aniqlash ustida tajribalar o‘tkazilgan.*

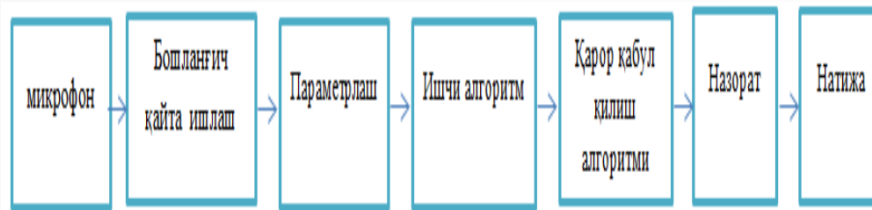
Tayanch iboralar: *nutq signali, tezkor Furye o‘zgartirish, spektrogramma, yashirin Markov modeli(YAMM), o‘zbek tili etalon so‘zlari.*

Bugungi kunda nutqiy signallarni tanish tizimlari keng sohalarda foydalanilmoqda. Bunday nutqni tanish tizimlari bir nechta tillarda nutqiy signallarni tanish imkoniyatini yaratib beradi. Nutqiy signallarning dasturiy ta’minotini yaratish va modellarini tahlil qilish murakkab masalalardan biridir. Shuningdek davr talabi nutqiy signallarni qayta ishlovchi apparat va dasturiy vositalarning ishlash prinsiplarini o‘rganishni, tahlil qilishni talab etmoqda. Bundan tashqari o‘zbek tili nutqiy signallarni qayta ishlash jarayonining matematik modellarini ishlab chiqish, ularning algoritmlarini yaratish va tahlil qilishni amalga oshirish muhim vazifalar sanaladi. Shuni alohida qayd etish lozimki, hozirda inson nutqi orqali boshqariluvchi apparat vositalarining rivoji kunning zamonaviy talabiga chiqmoqda. Bugungi kunda bunday tizimlarni yaratishda olimlar tomonidan bir qancha algoritmlar va matematik metodlar ya’ni nutqni sigmentlarga ajratish, filtrlash usullari, spektral qiymatlardan foydalanish, mel-chastotasi, kepsr koefitsentlari, neyron tarmoqlari va dinamik dasturlash algoritmlaridan unumli foydalanilmoqda. Bunday algoritmlardan foydalanish natijasida turli tillardagi nutqiy so‘zlarni aniqlovchi dasturlar yuzaga kelmoqda. Hozirgi kungacha yaratilgan nutqni tanish tizimlari orasida o‘zbek tilini tanuvchi dasturlar va modellar mavjud emas. Bunday dasturiy vositalar va modellarni yaratilish bugungi kunning muhim ahamiyat kasb etadigan muammoli vazifalaridan biridir [1].

Inson nutqini tanish tizimlari apparat va dasturiy ta’minotini tahlil qilishda eng avvalo inson nutqning shakllanish jarayonini o‘rganishni talab qiladi. Inson nutqi so‘zlaganida turli tovushlarni talaffuz qiladi. Inson talaffuz qiladigan tovushlar nutq tovushlari deyiladi. Inson nutq tovushlari nutq a’zolari ishtirokida hosil bo‘ladi. Bularga insonning o‘pka, kekirdak, tovush paychalari, og‘iz bo‘shlig‘i, katta va kichik tillar,

yumshoq va qattiq tanglaylar, yuqori va pastki lablar, yuqori va pastki tishlar, burun bo'shlig'i va bo'g'iz bo'shlig'i a'zolarini misol sifatida keltirish mumkin. Ushbu inson a'zolari nutqni to'liq talaffuz qilish uchun xizmat qiladi. Nutq tovushlari so'z ma'nolarini farqlash uchun xizmat qilishi, bu ularning asosiy vazifasidir.

Inson nutqining hosil qilinishi uchun bir qancha murakkab jarayon amalga oshiriladi. Nutq tovushlarini hosil bo'lishida o'pkadan chiqayotgan havo oqimi nafas yo'li, kekirdak orqali bo'g'izga, undan og'iz bo'shlig'i yoki burun bo'shlig'iga o'tib, tashqariga chiqadi. Bundan kelib chiqib, nutqiy signallarni hosil bo'lishi diktorning xarakteristikasiga bog'liq deb tavsiflash mumkin. O'zbek tili nutqiy signallarini qayta ishlash jarayonini masalaning qo'yilishiga qarab bir necha ketma-ketliklarga ajratish mumkin. Ushbu ketma-ketliklarda masalaning qo'yilishiga qarab algoritmlar o'zgarishi mumkin. Ushbu ketma-ketlikning imkoniyati inson nutqini, shaxsini va mazmunini aniqlash masalalari uchun foydalanish mumkin. Masalaning qo'yilishidan kelib chiqib, bu ketma-ketlik o'z ish rejimida bir necha algoritmlar jamlanmasini o'zida shakllantiradi. O'zbek tilini qayta ishlovchi umumiy algoritmlar ketma-ketligini quyidagi tartibda tavsiflash mumkin(1-rasm).



1-rasm. O'zbek tilini qayta ishlovchi umumiy algoritmlar ketma-ketligi

Nutqiy signallarni boshlang'ich qayta ishlashdan oldin analog ko'rinishdan raqamli ko'rinishga o'tkazish ishlari amalga oshiriladi. Bunda ko'pincha nutqiy signallar .wav fayl formatiga keltirilib, diskretlash chastotasi 22050 Hz va yozish kanali mono tanlanadi.

Boshlang'ich qayta ishlash algoritmi nutqiy signalni boshlang'ich filtratsiyasini amalga oshiradi. Bunda chekli impuls xarakteristikali filtr(KIX) va cheksiz impuls xarakteristikali filtr(BIX)ning algoritmlaridan foydalanish mumkin. Filtrlash jarayonidan so'ng nutqiy signaldagi jimlik holatlari yo'qotiladi. Shundan so'ng freymlarga ajratish jarayoni amalga oshiriladi. Freymlarga ajratish nutqiy signalni teng kesimlarga bo'lish va har bir ajratilgan kesim Hemming oynasidan o'tkaziladi. Ajratilgan kesimlarning Hemming oynasidan o'tkazilishdan asosiy maqsad nutqiy signalning spektrlarini olishda spektral qiymatlarning cheksizlikka intilishining oldini olishdir[2].

Parametrlash algoritmidan nutqiy signalning freymlari akustik, spektral, formant chastota, kepral parametrlar aniqlanadi. Umumiy hisobda ma'lum bir parametrlar tanlanishi masalaning qo'yilishiga bog'liq holda tanlanadi. Tanlangan parametrlash algoritmlaridan olingan natijalar ishchi algoritm qismiga yuboriladi. Ta'kidlash lozimki, har bir parametrlar o'z matematik algoritmi mavjud.

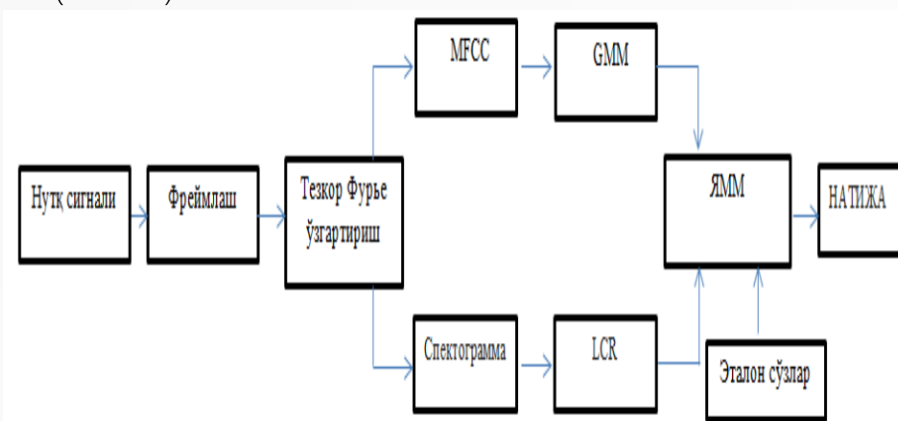
Ishchi algoritmlar mavjud aniqlangan parametrlarni ustida ish olib boruvchi qism hisoblanadi. Bunda parametrlarning to'liqliligi tekshiriladi va ularni guruhlash ishlari amalga oshiriladi.

Qaror qabul qilish algoritmi muhim ahamiyat kasb etadigan qism hisoblanadi. Ushbu bosqichda ishchi algoritmlar asosida guruhlangan parametrlar to'plami qaror qabul qilish algoritmlari asosida qayta

ishlanadi. Ushbu bosqich algoritmlari guruhiga korrelyatsion tahlil, neyron tarmoqlari, markov zanjirlari va dinamik dasturlash algoritmlarini keltirish mumkin.

Nazorat algoritmi qaror qabul qilish algoritmlaridan olingan natijalarni umumlashtiriladi. Ya'ni qayta ishlangan freymlarning natijalari tahlil qilinadi va yakuniy xulosa chiqariladi. Shundan so'ng natijalarni namoyish etish vazifasini bajaradi.

Ushbu algoritmlar ketma-ketligi asosida inson nuqini qayta ishlashda qo'llaniluvchi bir qancha amaliy masalalarni yechish imkoniyaga ega. Misol sifatida, inson nutqi asosida shaxsini aniqlash, inson nutqining mazmuni va buyruq orqali boshqariluvchi tizimlarida foydalanish mumkin. Ushbu modelning imkoniyatidan foydalangan holda markov zanjiri asosida nutqiy so'zlarni aniqlashda ishlatilishi ko'rib chiqamiz. Ushbu jarayon quyidagicha amalga oshiriladi (2-rasm).



2-rasm. O'zbek tili so'zlarini aniqlovchi model strukturasi

Ushbu strukturadagi ketma-ketlikni amalga oshirish uchun nutq signali yozib olingan. Bu model so'zlarning spektral parametrlari va spektogrammasidan foydalanib yashirin markov zanjirlari asosida so'zlarni aniqlovchi algoritmlar majmui hisoblanadi[3]. Ushbu modelda kiruvchi signal qiymatlari KIX filtr asosida tashqi shumlardan tozalanadi va segmentlash jarayoni amalga oshiriladi. Segmentatsiya jarayoni – nutq signali qiymatlarini ma'lum bir o'lchov asosida freymlarga ajratish tushuniladi. Ushbu modelda segmentlash qiymati 256 ga teng. Ya'ni har bir freym nutqiy signalining 256 ta qiymatiga ega bo'ladi va qayta ishlash jarayoni tezkor Furie o'zgartirish algoritmi asosida nutqiy signalning spektrlari olinadi.

Shundan so'ng olingan spektral qiymatlar ikki qismga ajratilgan holda qayta ishlanadi. Birinchi tur qayta ishlashda nutq signalining olingan spektrlari MFCC(Mel-Frequency Cepstral Coefficients) algoritimga yo'naltiriladi. Shundan so'ng har bir freym uchun qiymatlar hisoblanib GMM(Gaussian Mixture Modeling) algoritmi asosida koeffitsentlar olinadi va ularni guruhlash ishlari amalga oshiriladi. Natijada chekli impuls harakteristikali filtr yashirin Markov modeli (YAMM) qayta ishlashga tayyor koeffitsentlar guruhi shakllanadi[4]. Ikkinchi tur qayta ishlashda freymlarning spektral qiymatlari asosida spektogrammasi quriladi. Shundan so'ng spektogramma LCR(left, center and right) metodi yordamida bo'laklarga ajratiladi va har bir bo'lakdan maksimumlar, minimumlar va cho'qqilar aniqlanadi. Aniqlangan barcha parametrlar guruhlanadi. Aniqlangan guruhning barcha parametrlar YAMMda qayta ishlashga tayyor

holatga keltiriladi[5]. Shundan so'ng ushbu guruxlangan parametrlar YAMM asosida qayta ishlanadi. YAMMning umumiy formulasi quyidagicha aniqlanadi. Berilgan(guruhlangan) parametrlar $Q = \{n_1, n_2, n_3 \dots n_m\}$ holatlar uchun ikkita ketma-ket berilgan S va T holatlar uchun o'tish ehtimolligi

$$p_{st} = P(x_i = t | x_{i-1} = s), \quad p_{in_1} + p_{in_2} + p_{in_3} + \dots + p_{in_m} = n_1$$

mavjud bo'lsin. Bunda barcha holatlar uchun $i = n_1, n_2, n_3 \dots n_m$ o'rinli bo'lsa YAMM to'g'ri tashkil etilgan bo'ladi(1). x_i holatning aniqlanishi x_{i-1} holatga bog'liq[6]:

$$P(x_i | x_0, x_1, \dots, x_{i-2}, x_{i-1}) = P(x_i | x_{i-1}) \quad (1)$$

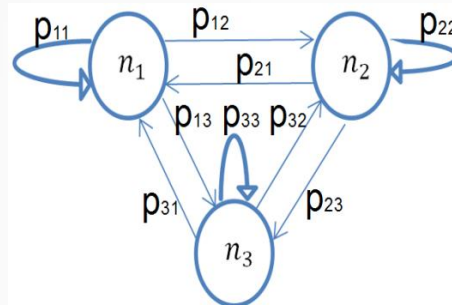
Bunda yaqinlashish ehtimoli(2) x uchun:

$$P(x) = P(x_1, x_2 \dots x_{L-1}, x_L) = P(x_2 | x_1) P(x_3 | x_2) \dots P(x_L | x_{L-1}) \quad (2)$$

quyidagi shartli ehtimollik o'rinli(3)

$$P(X, Y) = P(X | Y) P(Y) \quad (3)$$

Markov zanjirining amaliy nuqtai nazardan qo'llanilishi misol sifatida uchta holat uchun strukturasi quyidagi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Uch holatli YAMM strukturasi.

Bu yerda $Q = \{n_1, n_2, n_3\}$ yashirin holatlar, p_{in} – o'tish ehtimolligi matritsasi. Ushbu modeldagi o'tish ehtimollik matritsasi bir jinsli bo'lganligi uchun quyidagicha bo'ladi(4):

$$P_{in} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \end{bmatrix} \quad (4)$$

O'tish ehtimollik matritsasi tartibi Markov zanjirining holatlari soni m ga teng bo'ladi. Yashirin Markov zanjirida o'tish ehtimollik matritsasi quyidagi shartlarni qanoatlantiradi:

- o'tish ehtimollik matritsasining har bir elementi $0 \leq p_{in} \leq 1$ oraliqda bo'ladi;
- o'tish ehtimollik matritsasining satrlari yig'indisi birga teng bo'lishi kerak;
- o'tish ehtimollik matritsasi biror ustunining barcha elementlari nolga teng bo'la olmaydi.

Nutqiy signallar uchun Markov zanjirini tashkil etishda 29 ta

$Q = \{x_1, x_2, x_3 \dots x_{29}\}$ yashirin holat (o'zbek tilidagi harflar soni), o'tish ehtimolligi har bir yashirin holat uchun 29 ta (umumiy soni $29 \cdot 29 = 841$) tugundan iborat o'tish ehtimollik

matritsasi tuzildi. Optimal yo'lni aniqlash uchun Viterbi algoritmidan foydalanildi[7]. Markov modelidagi olingan parametrlarini ma'lumotlar bazasidagi parametrlarga mosligi aniqlash vazifasini bajaradi va olingan natijalarni qayta ishlash blokiga yuboradi. Qayta ishlash bloki qabul qilingan freymlarning natija umumlashtiradi va saralash vazifasini bajaradi. Bunda majud aniqlangan bir turdagi freymlar ketma-ketligi 15 tadan kam bo'lsa tashlab yuboriladi. Agarda freymlar soni 15 tadan yuqori bo'lsa, ushbu freymlar majmui natija sifatida qayd etiladi. Ushbu model asosida o'zbek tili so'zlarini aniqlash uchun ikki va uch bo'g'inli so'zlar ustida tadqiqot natijalar olindi. Ushbu so'zlarni tanlashda aytilish nuqtai nazaridan eng sodda so'zlar olingan va yozib olish jarayoni shovqinsiz muhitda amalga oshirilgan.

O'zbek tilidagi so'zlarni tahlil qilish natijasida so'zning talaffuzi, har bir so'zdagi freymlar soni, harflar, bo'g'inlar, unli va undosh tovushlar aniqlandi. So'zning aniq topilganligi 1 yoki 0 bilan belgilandi. Tadqiqot uchun tanlangan ikki va uch bo'g'inli so'zlarning 20 tasidan 17 tasi aniq topildi va 3 tasi noaniq aniqlandi. Noaniq aniqlangan so'zlarning har birida bitta harfda xatolik mavjud. Nutqiy signallarni qayta ishlash natijasida olib borilgan tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, noaniq topilgan so'zlardagi harflar sirg'aluvchi undosh tovushlar sinfiga kiradi. Sirg'aluvchi undosh tovushlar ikki nutq a'zolarining o'zaro yaqinlashishi va havo oqimining ushbu nutq a'zolarining tor oralig'idan sirg'alib o'tishi natijasida hosil bo'ladi. Bunday tovushlar sirasiga quyidagi tovushlar v, f, j, z, y, s, x, sh, g', h kiradi. Eng katta xatolik til bilan yuqori milk orasidan o'tuvchi j, z, s, sh undosh tovushlarda yuzaga keldi. So'zlarning aniqlanish darajasi topishda qo'yidagi (5) formuladan foydalaniladi:

$$R = \left(\frac{n_s + n_i + n_d}{N} \right) \times 100 \quad (5)$$

Bu yerda,

R- tenglik tadqiqot natijasida qayta ishlangan so'zlarning aniqlanish foizi;

N – aniq topilgan so'zlarning umumiy soni;

n_s – noto'g'ri aniqlangan so'zlarning umumiy soni;

n_i – qo'shilgan so'zlarning soni (qo'shish xatoligi: so'z ma'lumotlar bazasiga qo'shilgan, aniqlangan so'z nutqda mavjud emas);

n_d – o'tkazib yuborilgan so'zlar soni (o'tkazish xatoligi: so'zlar ma'lumotlar bazasida bo'lgan lekin tizim tomonidan aniqlanmagan).

Tajriba natijalariga asosan $N=20$, $n_s=17$, n_i , $n_d=0$ ga teng. Yuqoridagi formulani hisoblash quyidagicha amalga oshiriladi(6).

$$R = \left(\frac{17+0+0}{20} \right) \times 100 = 85\% \quad (6)$$

Demak, (5) formula yordamida taklif etilgan modelning aniqlik darajasini 85% deb baxolash mumkin. Bu nisbatan yuqori natija deb hisoblanadi.

Tahlil natijalaridan shuni ko'rish mumkinki, o'zbek tili nutqidagi so'zlarni tanishda YAMMdan foydalanish unimli hisoblanadi. Tajriba uchun olingan ikki va uch bo'g'inli so'zlarning aniqlanishida tanlangan 20 ta so'zdan 3 tasi noaniq va qolgan 17 tasi aniq topildi. Noaniq topilgan uchta so'zning har birida bittadan tovushda hatolik mavjud. Ushbu tovushlar sirg'aluvchi undosh tovushlar ekanligi aniqlandi. Agar so'zda sirg'aluvchi undosh tovushlar mavjud bo'lmasa, so'zning aniq topilish ehtimoli yuqori ekanligi

aniqlandi. YAMM asosida o‘zbek tili so‘zlarini qayta ishlashda aniqlanish darajasi 85% aniqlikni berdi. Shunday qilib, o‘zbek tili so‘zlarini qayta ishlashda taklif etilgan modelni samarali deb baholash mumkin.

ADABIYOTLAR:

- [1] Мусаев М.М. Современные методы цифровой обработки речевых сигналов //” Вестник ТУИТ”, Ташкент, 2017, №2.с.2-13.
- [2]Берданов У.А. Ўзбек тили нутқининг қайта ишлашнинг корреляцион модели таҳлили. //” Вестник ТУИТ”, Ташкент, 2017, №3.с.10-18.
- [3]Bazzi, I, Glass, J. Modeling out of vocabulary words for robust speech recognition. Proc. ICASSP 2000, Beijing, China, Vol. 1,pp.401-404.
- [4]Daniel Ramage. Hidden Markov Models Fundamentals. CS229 Section Notes. 2007.
- [5]Yi Wang. The Variable-length Hidden Markov Model and Its Applications on Sequential Data Mining. Department of Computer Science, Tsinghua University, Beijing, China. 2005.
- [6]Elliott L., Ingham D., Kyne A., Mera N., Pourkashanian M., Whittaker S. «Efficient Clustering-Based Genetic Algorithms in Chemical Kinetic Modelling», GECCO 2004 Proceedings, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004, pp.932-944.